Eficiencia del Gas Natural en las Aplicaciones industriales

MIEM – DNE- Junio 2013
Alejandro Berger

Aplicaciones industriales del gas

Aplicaciones industriales

Agua caliente

Pequeños usos abastecidos por equipos domésticos

Calentadores instantáneos
Potencia aprox: 25.000 Kcal/h

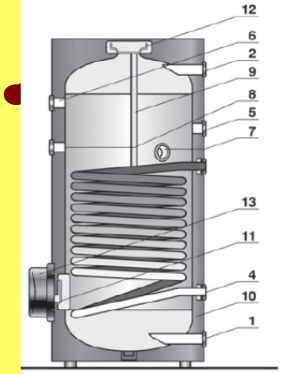
Termotanques convencionales:
Potencia: 8.000 Kcal/h
Acumulación: 150 litros

Aplicaciones industriales

Agua caliente

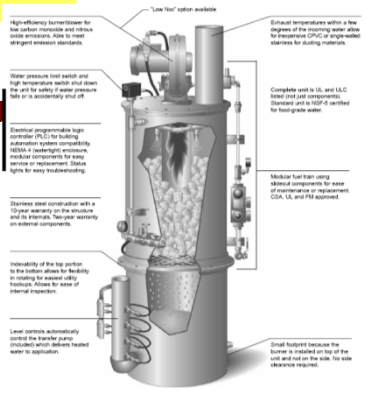
Instantáneo industrial: 750.000 Kcal/h

Acumulación. Potencias superiores a las 30.000 Kcalk/h



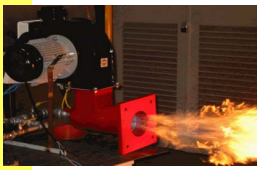
LEGENDA:

1: Entrata acqua fredda
2: Uscita acqua calda
3: Entrata circuito riscaldamento
4: Uscita circuito riscaldamento
5: Attacco ricircolo
6: Attacco sonda termometro
7: Attacco sonda termostato
8: Attacco per eventuale installazione resistenza elettrica
9: Anodo di magnesio
10: Isolamento in poliuretano esente da CFC E HCFC
11: Flangia d'ispezione laterale
12: Flangia d'ispezione superiore
13: Calottina copriflangia



Aplicaciones industriales

Agua caliente



Calentamiento directo por radiación de gases incandescentes

Aplicaciones industriales

Cocción

Sistemas de calentamiento directo o indirecto – Variación de la eficiencia

Aplicaciones industriales

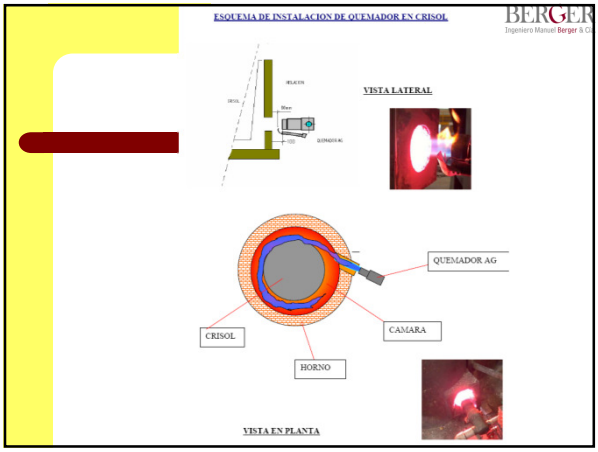
Flameado

Terminación de superficies, envases termocontraibles, etc.

Aplicaciones industriales

Metales

Fundición de oro, cobre, laminación, lingotes



Aplicaciones industriales

Metales

Fundición de oro, cobre, laminación, lingotes

Aplicaciones industriales

Incineración

Hornos pirolíticos, evitan emisión de productos contaminantes

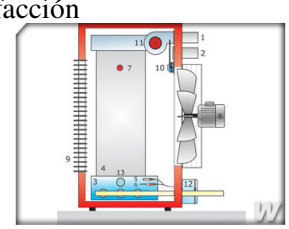
Aplicaciones industriales

Incineración

Quemado de humos

Aplicaciones industriales

Calefacción



Sistemas indirectos

Aplicaciones industriales

Calefacción

Sistemas indirectos

Aplicaciones industriales

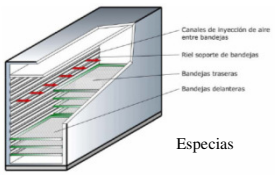
Calefacción

Sistemas directos

Aplicaciones industriales

Secado

Arroz



Especias

Aplicaciones industriales

Secado

Aplicaciones industriales

Secado

Aplicaciones industriales

Secado de lana

Aplicaciones industriales

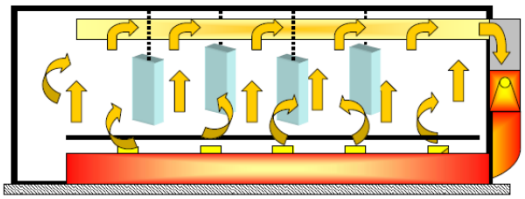
Secado de fruta

Hornos

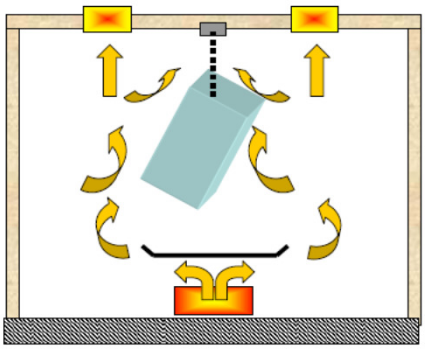
Horno de pintura

Horno de pintura

Diagrama esquemático

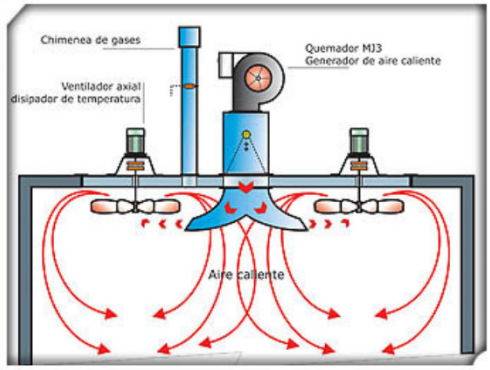


Horno de pintura



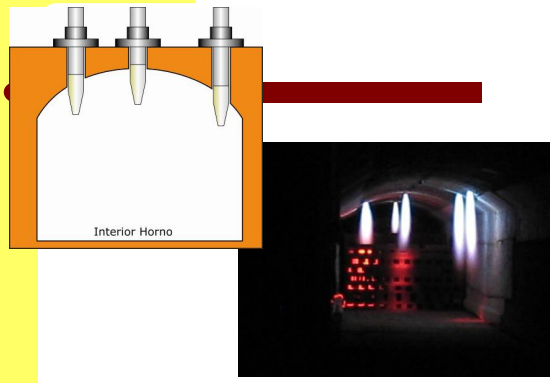
Horno de pintura

Horno de secado de madera y HT



Horno de vidrio

Horno de ladrillos



Horno de ladrillos

Calderas

- Agua caliente
- Vapor

Calderas

Fluido térmico

Calderas

De calentamiento instantáneo

Agroindustria

Agroindustria

Secado de arena

Secado de arena

Secado de arena

Impresiones y cartón

Cartón corrugado

Impresiones y cartón

Impresoras flexográficas

Impresiones y cartón

Impresoras de periódicos y revistas

Transporte

Prohibición: decreto 532/974 del Poder Ejecutivo del año 1974

Generación y co-generación

Aire acondicionado

- Absorción
  - Amoníaco/Agua
  - Bromuro de litio/Agua
- Motores a gas

Quemadores industriales

Objetivos del Sistema de Combustión,

- Conseguir transformar totalmente el combustible
- Manteniendo determinada atmósfera
- Evitar emisiones contaminantes
- Evitar ruidos
- Cumpliendo los otros requisitos del ST
- **TODO EN FORMA SEGURA!**

Objetivos del Sistema de Combustión,

Otros requisitos:

- Dimensiones de la llama
- Transferencia térmica
- Dentro de determinado rango
- Con eficiencia y confiabilidad

Funciones básicas del Sistema de Combustión:

Para ello:

- Dosificar combustible y comburente
- Inyectarlos a velocidades apropiadas
- Turbulencia (mezclado)
- Estabilidad de llama
- Cumplir con los requerimientos del artefacto

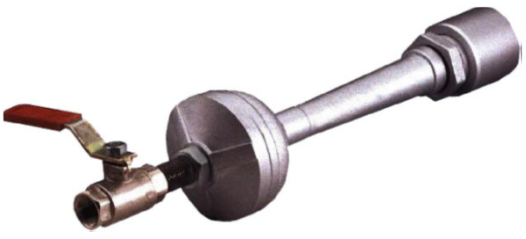
Clasificación

Según la forma de llegar los reactantes a la zona de quemado

- Quemadores de premezcla
  - En estos casos el combustible y el comburente se mezclan antes de llegar a la zona de quemado.
- Quemadores de difusión
  - En estos casos la mezcla entre el combustible y el comburente se efectúa en la misma boca de fuego, en la medida que también se produce la reacción de la combustión. Por lo tanto la velocidad de la mezcla es la que define la velocidad de la reacción.

Quemadores de premezcla

1) De inspiración atmosférica



Quemadores de premezcla
1) De inspiración atmosférica

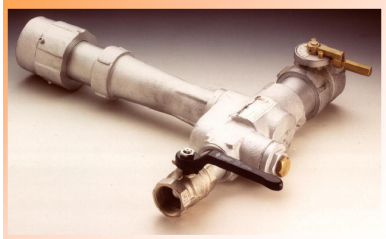
Quemadores de premezcla
1) De inspiración atmosférica

Quemadores de premezcla
1) De inspiración atmosférica

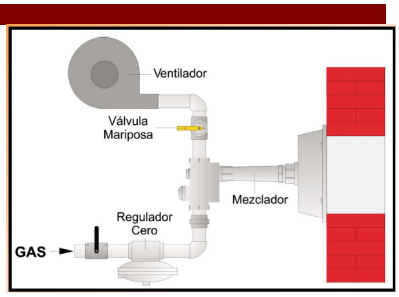
Quemadores venturi de alta presión.

Quemadores de premezcla
2) De aspiración

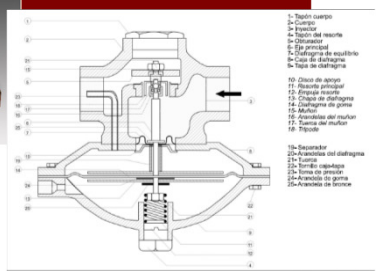
Quemadores de premezcla (aspiración)



Quemadores de premezcla
2) De aspiración

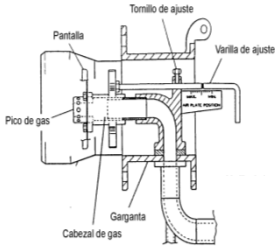


Regulador cero



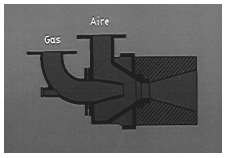
Quemadores de Difusión

Tipos de quemadores de difusión



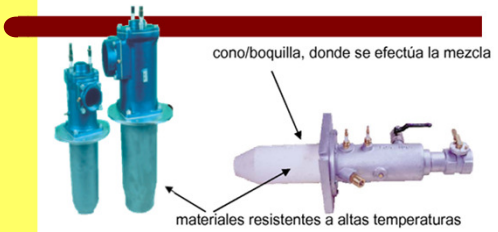
Quemador de difusión, **tipo pressure jet**

Tipos de quemadores de difusión



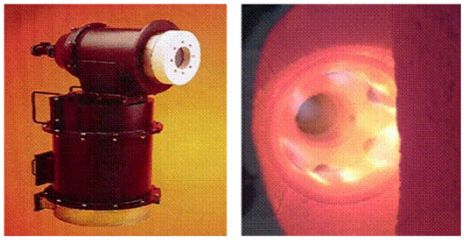
Quemador de difusión,
por baja velocidad de aire.

Tipos de quemadores de difusión



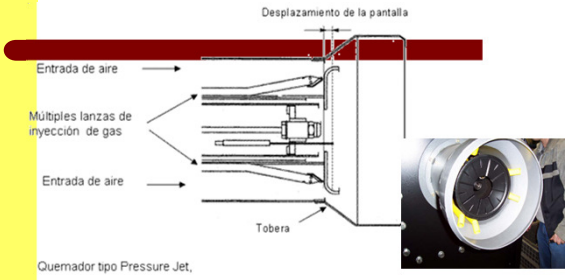
Quemador alta velocidad,
con tobera de acero para alta temperatura

Tipos de quemadores de difusión



Quemador regenerativo *y vista desde dentro del horno*

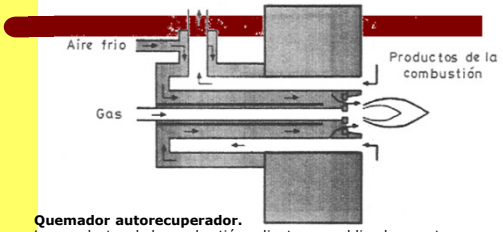
Tipos de quemadores de difusión



Quemador de difusión, **tipo multi-lanza**

BERGER
Ingeniero Manuel Berger & Co.

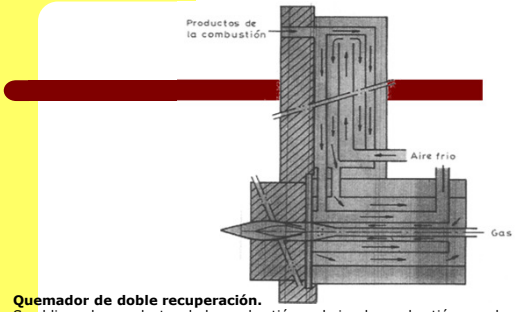
Tipos de quemadores de difusión



Quemador autorecuperador.
Los productos de la combustión calientes son obligados a entrar concéntricamente en el cuerpo del quemador, cediendo calor al aire de combustión.

BERGER
Ingeniero Manuel Berger & Co.

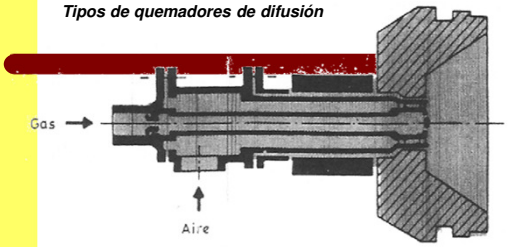
Tipos de quemadores de difusión



Quemador de doble recuperación.
Se obliga a los productos de la combustión y al aire de combustión a un largo recorrido.

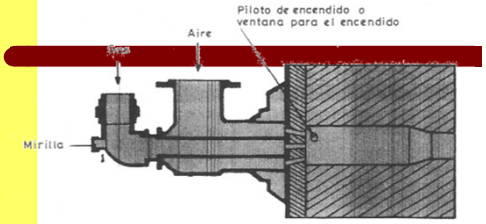
BERGER
Ingeniero Manuel Berger & Co.

Tipos de quemadores de difusión



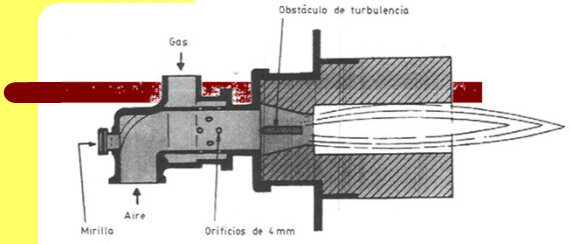
Quemador radiante de llama de difusión
mezcla en la boca de salida

Tipos de quemadores de difusión



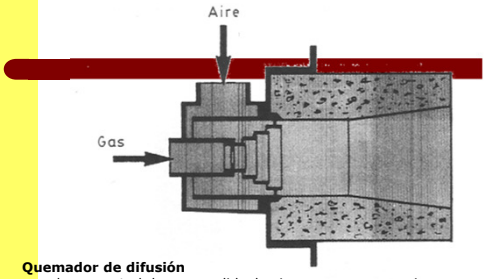
Quemador alta velocidad,
(mezcla en boca de salida).

Tipos de quemadores de difusión



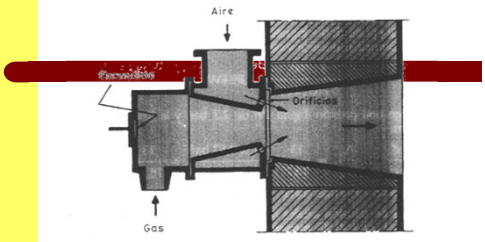
Quemador túnel de alta velocidad,
alimentado con gas y aire a presión, mezclados en la boca de salida y mezcla activada mediante la turbulencia provocada por un obstáculo.

Tipos de quemadores de difusión



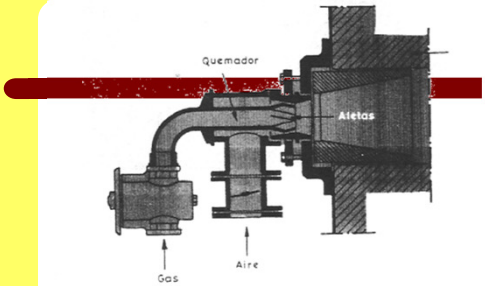
Quemador de difusión
con chorro central de gas y salida de aire en coronas sucesivas concéntricas.

Tipos de quemadores de difusión



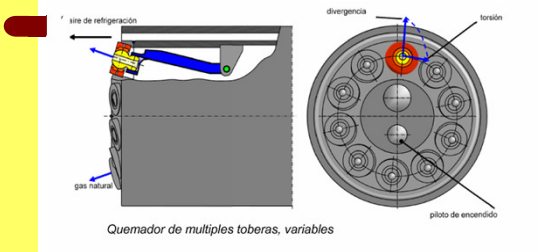
Quemador de difusión
con chorro de gas central y salidas de aire en chorros concéntricos.

Tipos de quemadores de difusión



Quemador de difusión
con rotación del flujo mediante aletas.

Tipos de quemadores de difusión

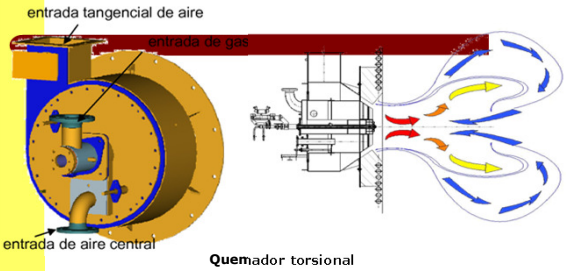


Quemador de multiples toberas, variables

Tipos de quemadores de difusión

Quemador de multiples toberas, variables
Representación de la variación de las toberas de inyección de gas

Tipos de quemadores de difusión

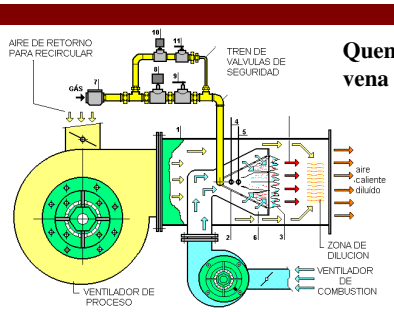


Quemador torsional

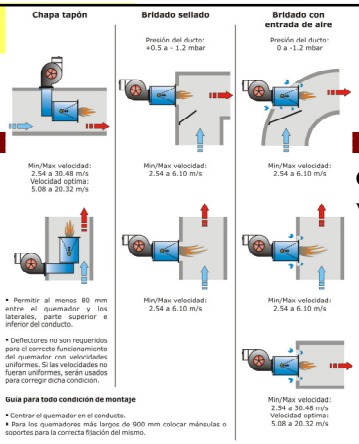
Quemadores de vena de aire

Aplicaciones industriales

Quemadores de vena de aire

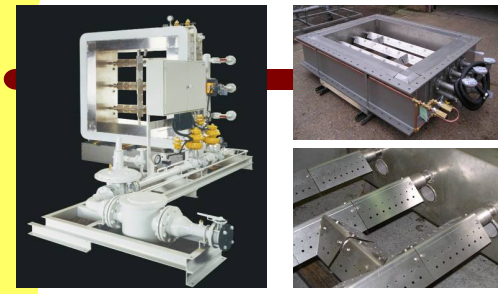


Quemadores de vena de aire

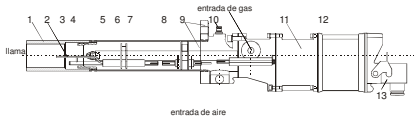

Chapa tapón
Bridado sellado
Bridado con entrada de aire
Presión del ducto: +0.5 a -1.2 mbar
Presión del ducto: 0 a -1.2 mbar
Min/Max velocidad: 2.54 a 30.48 m/s
Velocidad optima: 5.08 a 20.32 m/s
Min/Max velocidad: 2.54 a 6.10 m/s
• Permitir al menos 80 mm entre el quemador y los laterales, parte superior e inferior del conducto.
• Deflectores no son requeridos para el correcto funcionamiento del quemador con velocidades uniformes. Si las velocidades no fueran uniformes, serán usados para corregir dicha condicion.
Guia para todo condición de montaje
• Centrar el quemador en el conducto.
• Para los quemadores más largos de 900 mm colocar ménsulas o soportes para la correcta fijación del mismo.

Quemadores de vena de aire

Tipos de quemadores de difusión



Quemadores piloto



Sistemas de Combustión duales

Definición

Son aquellos que trabajan con más de un combustible.

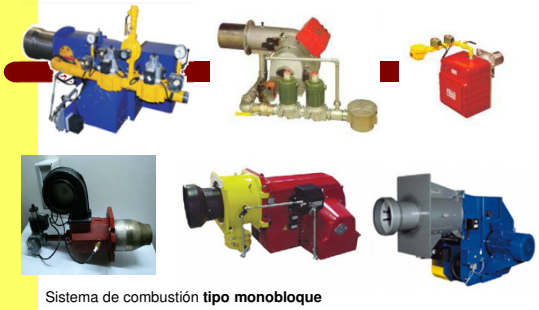
Ejemplo:

- Dos o más gases combustibles
- Gas combustible y líquido combustible
- Varios gases combustibles y líquido combustible
- Varios gases combustibles y varios líquidos combustibles
- Gas combustible y combustible sólido
- Varios gases combustibles y varios combustibles sólidos
- Gas combustible, líquido combustible y combustible sólido.
- Otras combinaciones

Clasificación según la configuración

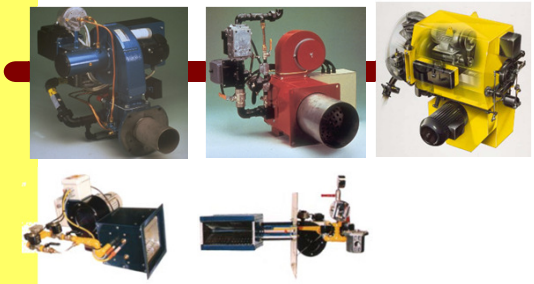
- Sistemas o quemadores monobloque:
  - Integran al ventilador y el resto de los sistemas para la combustión en un solo bloque.
- Sistemas o quemadores duobloque:
  - El ventilador es independiente del resto del o los sistemas de combustión y se comunican mediante un conducto.

Configuración Sistema de Combustión



Sistema de combustión **tipo monobloque**

Configuración Sistema de Combustión



Sistema de combustión **tipo monobloque**

Configuración Sistema de Combustión

Sistema de combustión **tipo duobloque**

Selección de Sistemas de Combustión

Selección de Sistemas de Combustión

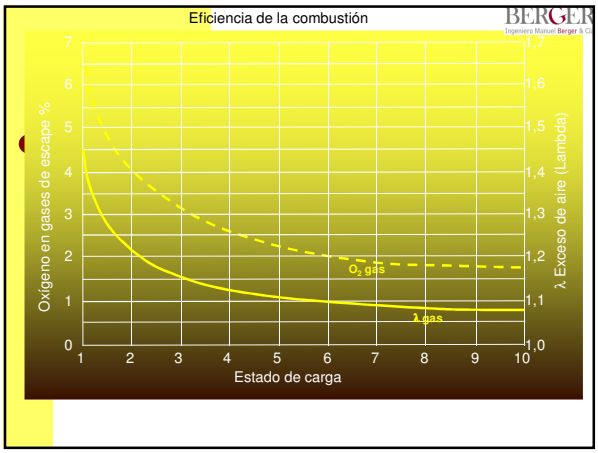
Criterios de Selección / Diseño:

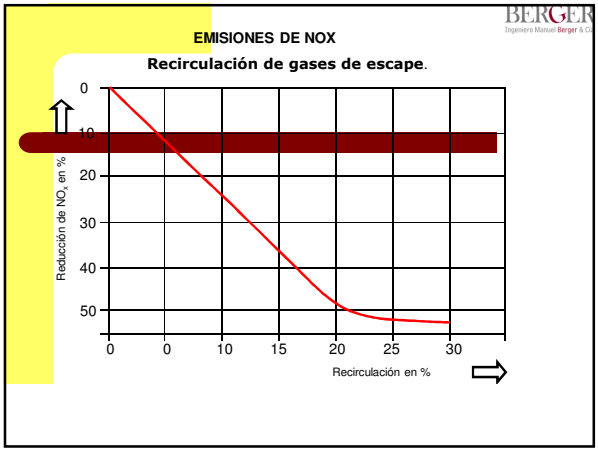
- Características del proceso /tipo de artefacto.
- Tipo y condiciones de los combustibles
- Tipo y condiciones del comburente.
- Condiciones ambientales
- Potencia (calor a aportar)
- Contrapresión a vencer
- Características de la cámara de combustión
- Grado de modulación.
- Niveles de emisión acústica (ruido)
- Límite de emisiones contaminantes a cumplir
- Exigencias particulares del usuario.
- Además….

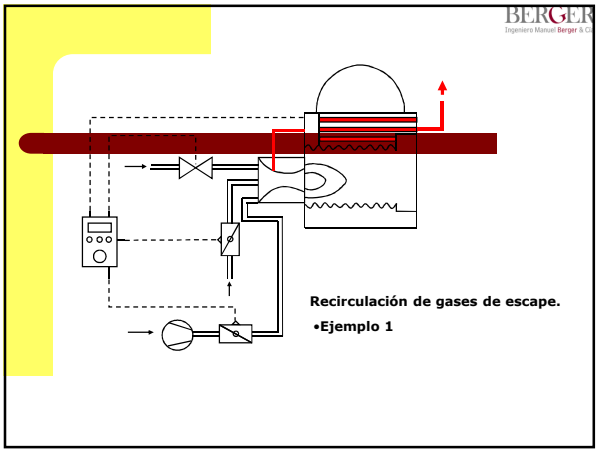
Criterios de Selección / Diseño:

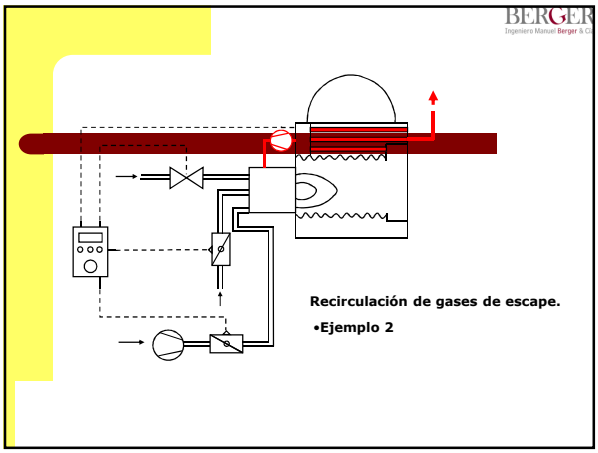
Además:

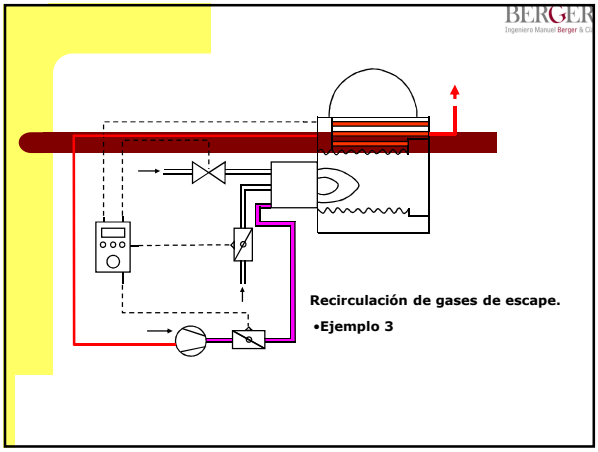
- *Medios de ajuste*
- *Eficiencia de combustión*
- *Eficiencia operativa*
- *Criterios de mantenimiento o Post venta*

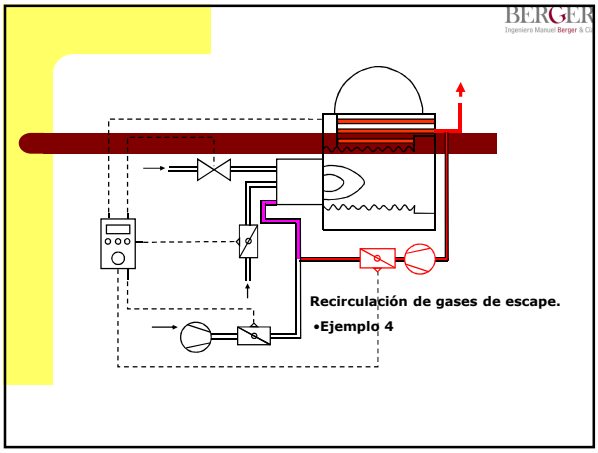

Eficiencia de la combustión
BERGER
Oxígeno en gases de escape %
λ Exceso de aire (Lambda)
O2 gas
λ gas
Estado de carga


BERGER
EMISIONES DE NOX
Recirculación de gases de escape.
Reducción de NOx en %
Recirculación en %


BERGER
Recirculación de gases de escape.
•Ejemplo 1


BERGER
Recirculación de gases de escape.
•Ejemplo 2


BERGER
Recirculación de gases de escape.
•Ejemplo 3

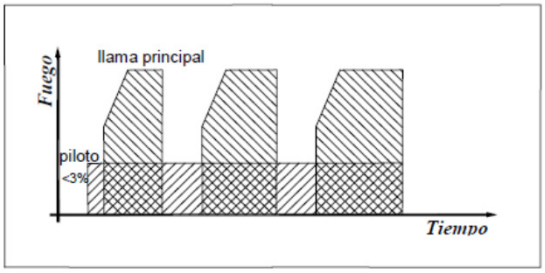

BERGER
Recirculación de gases de escape.
•Ejemplo 4

Pilotos

- Los pilotos deben ser estables.
- Potencia < 3 % de la potencia máxima de fuego.
- Para potencia > 600 Kw, deben ser interrumpidos. Excepción, DdeL independientes (cont./interm.)
- Para potencia hasta 1.800 Kw, puede fabricarse SC sin piloto.

Tipos de pilotos posibles

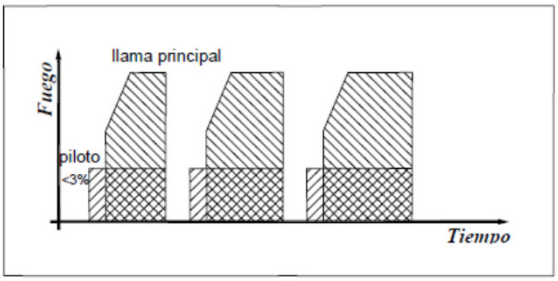
Piloto Continuo



PILOTO CONTINUO

Tipos de pilotos posibles

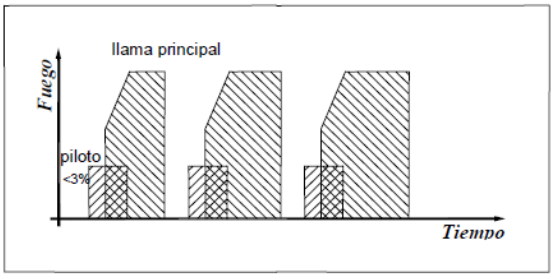
Piloto Intermitente



PILOTO INTERMITENTE

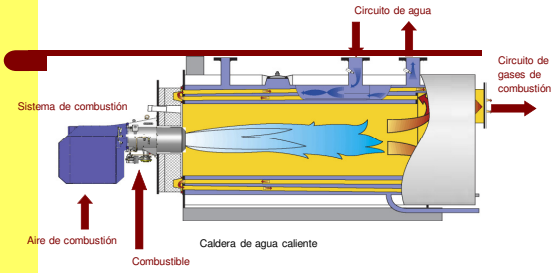
Tipos de pilotos posibles

Piloto Interrumpido

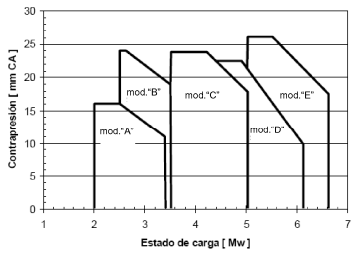


PILOTO INTERRUMPIDO

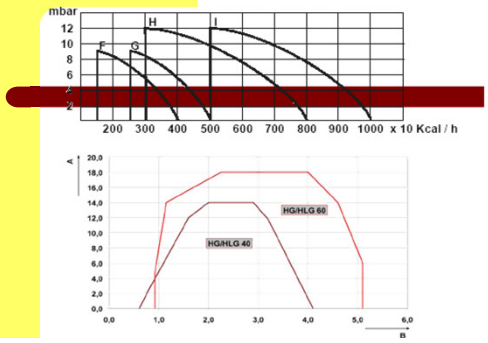
Contrapresión



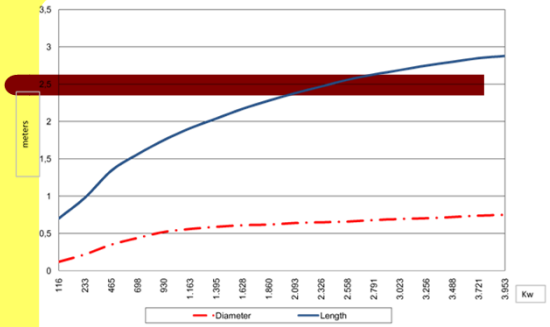
Curvas Potencia vs Contrapresión



Curvas Potencia vs Contrapresión

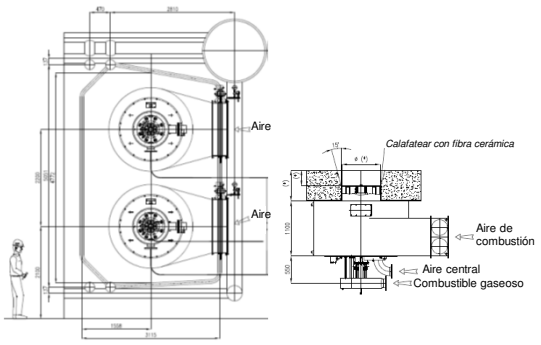


Curvas dimensiones de llama



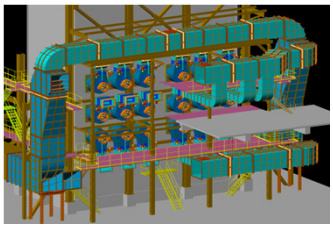
Sistemas de Combustión con varios quemadores

Múltiples quemadores



Múltiples quemadores

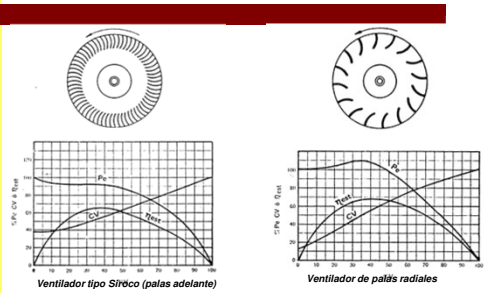
Ejemplo de varios quemadores con cajas independientes



Caldera: 420 t/h
18 x quemadores

Ventiladores

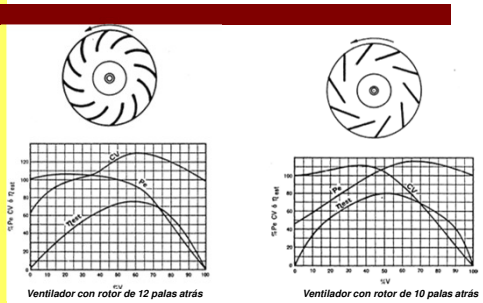
Ventiladores Centrífugos



Ventilador tipo Sirroco (palas adelante)

Ventilador de palas radiales

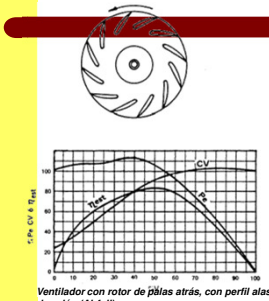
Ventiladores Centrífugos



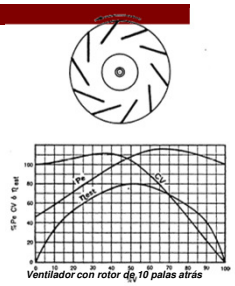
Ventilador con rotor de 12 palas atrás

Ventilador con rotor de 10 palas atrás

Ventiladores Centrífugos



Ventilador con rotor de palas atrás, con perfil alas de avión (Airfoil)



Ventilador con rotor de 10 palas atrás

Ventiladores Centrífugos

Características	Palas atrás	Palas radiales	Palas adelante
Tamaño relativo	Mayor ☹	Medio 😐	Menor ☺
Velocidad	Alta ☹	Medio 😐	Baja ☺
Eficiencia	Alta ☺	Buena 😐	Buena 😐
Estabilidad de operación	Buena ☺	Buena ☺	Mala ☹
Condición para operar con partículas (gases sucios)	Regular 😐	Buena ☺	Mala ☹
Condición para operar con suciedad pegajosa	Regular 😐	Buena ☺	Mala ☹
Nivel ruido	Alto ☹	Alto ☹	Menor ☺

Ventiladores Centrífugos

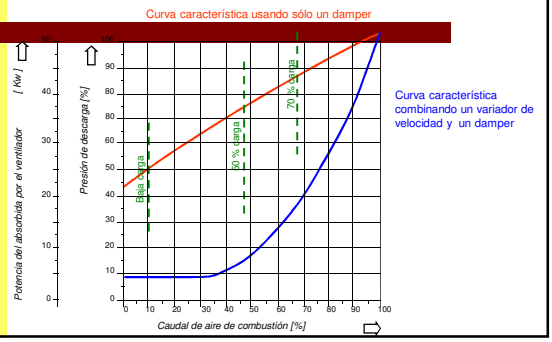
¿Porqué usar velocidad variable en ventiladores?

Debido a:

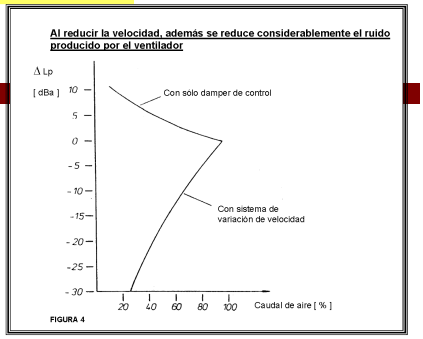
- Sobredimensionamiento del ventilador
- Características del sistema
- Eficiencia
- Rumorosidad

Ventiladores Centrífugos

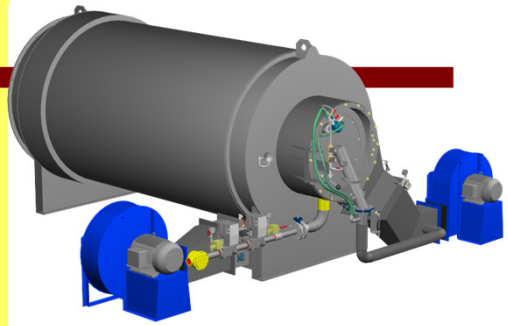
Diagrama del ejemplo del ventilador de 50 kw


Curva característica usando sólo un damper
Potencia del absorbida por el ventilador [Kw]
Presión de descarga [%]
Baja Carga
50 % Carga
70 % Carga
Caudal de aire de combustión [%]
Curva característica combinando un variador de velocidad y un damper

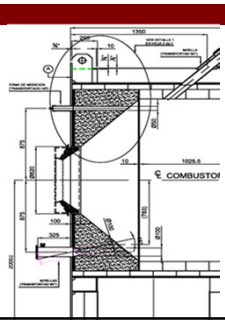
Ventiladores Centrífugos


Al reducir la velocidad, además se reduce considerablemente el ruido producido por el ventilador
Δ Lp
[dBa]
Con sólo damper de control
Con sistema de variación de velocidad
Caudal de aire [%]
FIGURA 4

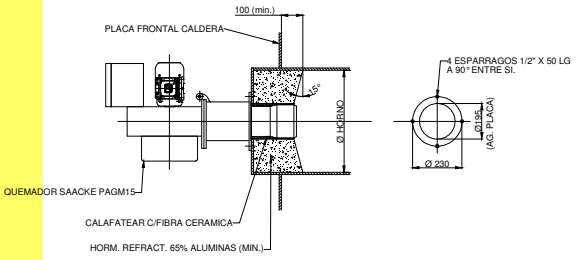
Montaje de quemadores



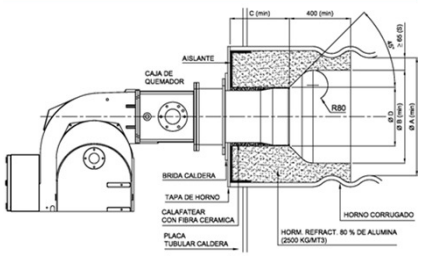
Montaje – Cono refractario



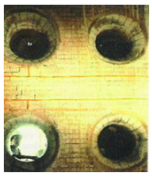
Montaje – Cono refractario



Montaje – Cono refractario

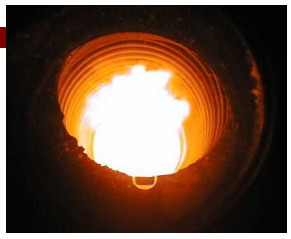


Tipos de conos refractarios - Moldes



Cuidado con las conversiones!

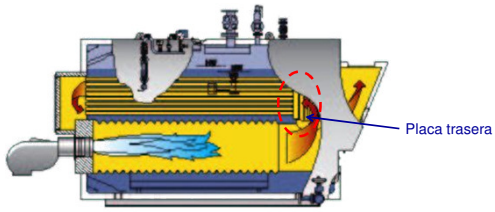
Llama de gas


Llama de fuel oil

Características de radiación

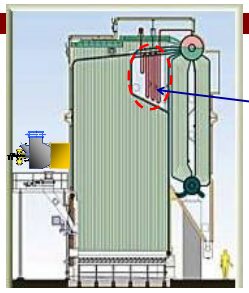
Cuidado con las conversiones!

Zona a verificar en una caldera humotubular



Cuidado con las conversiones!

Zona a verificar en una caldera acuotubular



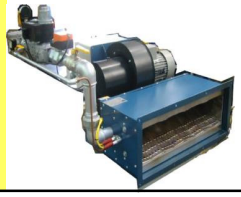
Sistemas térmicos a gas

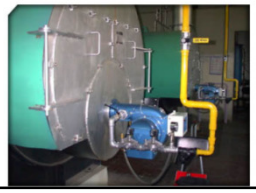
Eficiencia y emisiones

Artefactos industriales

Las características de los artefactos están definidas en la Norma NAG 201 capítulo 7

Mayormente cuentan con quemadores de aire soplado que mezclan el gas con el aire primario a presión





Emisiones

dióxido de carbono
monóxido de carbono
dióxido de azufre
O_2 restante
óxido de nitrógeno NO_x
vapor de agua

aire

oxígeno
vapor de agua
nitrógeno

Restos de combustible
cenizas

combustible

carbono
hidrógeno
azufre
oxígeno
nitrógeno
agua

Artefactos industriales

Quemadores de aire soplado: Se reconoce la llama eficiente mediante el análisis de gases de combustión

Eficiencia

CO no diluído: $CO_{undil.} = CO \times \lambda$

CO2: $CO_2 = \frac{CO_{2max} \times (21 - O_2)}{21}$

Exceso de aire: $\lambda = \frac{CO_{2max}}{CO_2}$

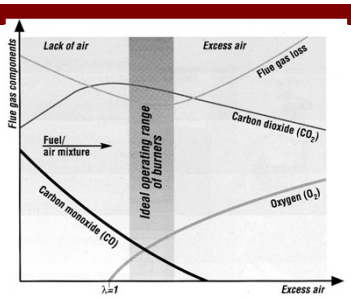
Pérdidas: $qA = FT\text{-}AT \times \frac{A_2}{21 - O_2} + B$

Eficiencia: $\eta = 100 - qA$

Table of fuel-specific factors

Fuel	A2	B	f	CO_{2max}
Fuel oil	0.68	0.007	-	15.4
Natural gas	0.65	0.009	-	11.9
LPG	0.63	0.008	-	13.9
Coke, Wood	0	0	0.74	20.0
Briquette	0	0	0.75	19.3
Bituminous coal	0	0	0.90	19.2
Anthracite	0	0	0.60	18.5
Coke-oven gas	0.6	0.011	-	-
Town gas	0.63	0.011	-	11.6
Test gas	0	0	-	13.0

Eficiencia



Aspectos GENERALES de la COMBUSTION

Sistema del quemador	Forma de análisis	Relación gas/aire	Punto de análisis	Valores recomendados
ON-OFF	En la posición ON	Constante en todo el rango de funciona-miento	Donde los gases abandonan la superficie de intercambio	CO_2 > 10% O_2 < 3,5% CO: Vestigios Eficiencia > 75%
Modulante	En máximo, medio y mínimo			
Alto-Bajo	En alto y en bajo			

Costo de energía y eficiencia

- Tarifa: Se debe obtener el costo de una unidad de energía de cada combustible. Por ejemplo 10.000 kcal
- En conversión es necesario conocer el escenario base de de la eficiencia.
- Se mide / estima una eficiencia probable de la combustión
- Se mide / estima una eficiencia probable del sistema
- Tomar en cuenta posibles pérdidas adicionales en combustibles no gaseosos

Emisiones de carbono

- Dependen de:

•El combustible: Cadenas de carbono largas provocan más emisiones.

•La eficiencia:

✓De los sistemas
✓De la combustión

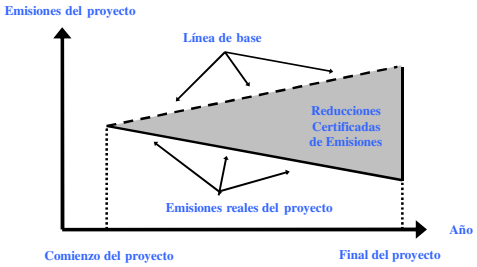
Ahorro de combustible y emisiones

- Mercado regulado (Protocolo de Kyoto)
- Mercado voluntario

- Huella de carbono

- Bonos de eficiencia energética

Ahorro de combustible y emisiones



Ahorro de combustible y emisiones

CMVP®

EVO
EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION

Sistemas térmicos a gas

Regulación – Control
Puesta en marcha
Operación y Mantenimiento
Protocolo de combustión

Sistemas térmicos a gas

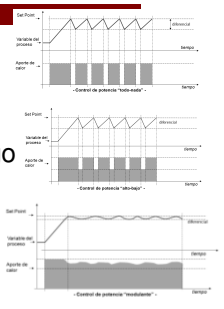
- Sistemas de encendido (manuales, automáticos o semiautomáticos)
- Sistemas de seguridad
- Sistemas de regulación y control

Sistemas de encendido

- Prebarrido de cámaras y hogares
- Presostatos diferenciales indicadores de funcionamiento de ventiladores
- Presostatos de baja / alta presión de gas
- Presostatos límite de vapor
- Termostatos límite o de seguridad de rearme manual
- Procedimiento para primer encendido, apagado y de seguridad
- Transformadores de chispa
- Bujías y electrodos de acero o kanthal

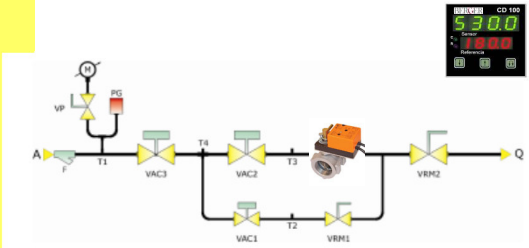
Sistemas de regulación y control

- Sistemas ON – OFF
- Sistemas Alto/Bajo fuego
- Modulación continua



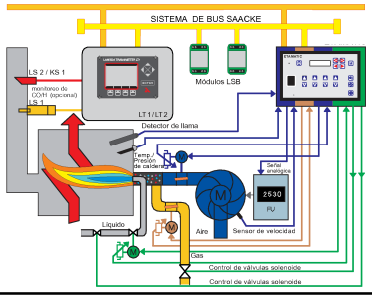
Sistemas de regulación y control

- Sistemas Modulantes - Gas



Sistemas de regulación y control

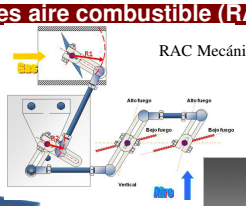
- Sistemas Modulantes aire/gas



Sistemas de regulación y control

- Relacionadores aire combustible (RAC)

RAC Mecánico



RAC Electrónico

RAC neumático

Operación y mantenimiento
Puesta en marcha

- Definir quién la hace
- Definir procedimiento
- Elegir personal calificado

Operación y mantenimiento
Puesta en marcha de equipos nuevos

- Antes de iniciar revisar
  - Dispositivos de protección conectados
  - Dispositivos en operación
  - Purga de línea de gas y equipo
  - Dispositivos mecánicos y eléctricos funcionando

Operación y mantenimiento
Puesta en marcha de equipos nuevos

- Puesta en marcha
  - Seguir instrucciones de fabricante
  - Seguir procedimientos de seguridad
  - Abrir puertas de hornos aunque haya ciclo de prebarrido

Operación y mantenimiento
Puesta en marcha de equipos nuevos

- Operación y ajuste

- Verificar funcionamiento de instrumentos
- Verificar funcionamiento de controles (presostatos de aire y gas, etc.)
- Si hay que hacer correcciones, cerrar equipo con procedimiento de seguridad.
- Corregir y reencender
- Ajustar según indicaciones del fabricante

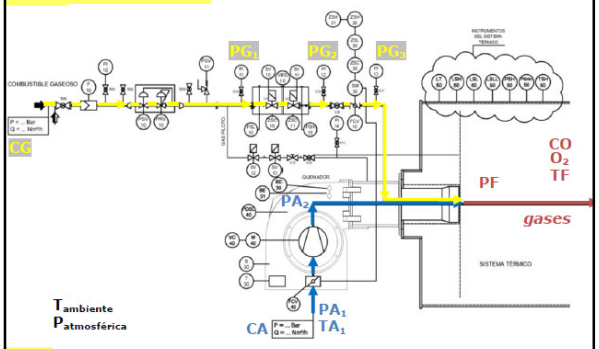
Operación y mantenimiento
Luego de la puesta en marcha

- Dar instrucciones de operación al usuario
- Asegurar el empleo de personal competente (del usuario o de la empresa)
- Establecer programa de mantenimiento

Operación y mantenimiento
Programa de mantenimiento

- Limpieza de quemadores y pilotos
- Revisar sistema de control de llama
- Revisar termostatos límite, válvulas manuales, controles de tiraje (cambiarlos si es necesario)
- Medir pérdida de carga en válvulas de retención de clapeta y limpiarlas si ΔP es excesiva
- Verificar todas la VAC, que no pierdan
- Verificar dispositivos auxiliares (filtros, sopladores)
- Verificar reguladores y líneas de impulso
- Cañerías. Inspección y pruebas periódicas

PROTOCOLO DE COMBUSTIÓN



PROTOCOLO DE COMBUSTIÓN

	Unidad	Estados de Carga #1	#2	#3	#...	#Z	Referencias
CG	Nm^3/h						Caudal de gas
PG_1	mbar						Presión de gas en PG_1
PG_2	mbar						Presión de gas en PG_2
PG_3	mbar						Presión de gas en PG_3
CA	Nm^3/h						Caudal de aire
PA_1	mmCA						Presión de aire en PA_1
PA_2	mmCA						Presión de aire en PA_2
TA_1	°c						Temperatura aire comb.
O_2	%						Contenido de O_2 en gases
CO	ppm						Contenido de CO en gases
NO_x	ppm						Contenido de NO_x en gases
TF	°C						Temperatura de chimenea
CV	Nm^3/h						Caudal de Vapor
PV	mmCA						Presión de vapor

PROTOCOLO DE COMBUSTIÓN

	Unidad	Estados de Carga #1	#2	#3	#...	#Z	Referencias
CG	Nm^3/h						Medición no disponible
PG_1	mbar						Presión de gas en PG_1
PG_2	mbar						Presión de gas en PG_2
PG_3	mbar	↗	↑	↑	↑	↑	Presión de gas en PG_3
CA	Nm^3/h						Medición no disponible
PA_1	mmCA						Presión de aire en PA_1
PA_2	mmCA						Presión de aire en PA_2
TA_1	°c						Temperatura de aire comb.
PF	mmCA						Presión horno
$T_{atmosférica}$	°c						Temperatura atmosférica
$P_{atmosférica}$	mbar						Presión atmosférica
O_2	%	↘	↘	↓	↓	↓	Contenido de O_2 en gases
CO	ppm			↗	↑	↑	Contenido de CO en gases
NO_x							Medición no disponible
TF	°c						Temperatura de gases
CV	Nm^3/h						Medición no disponible
PV	mmCA						Presión de vapor

Análisis caso 1:

Aumento (↑) en presión de gas a la entrada del quemador
Disminución (↓) de O_2 en gases de escape.
Aumento de (↑) CO en gases de escape

Visión de futuro

- Colaboración
- Capacitación
- Actualización

Colaboración

- Mantener vínculos estrechos con todos los agentes del mercado del gas para mejorar los servicios y la imagen del Gas Natural. Distribuidoras – URSEA – MIEM – Instaladores – Proveedores – etc.
- Promover el relacionamiento y colaboración entre las empresas instaladoras de gas a través de AIGAT y otras gremiales empresariales

Capacitación

- Continuar recibiendo capacitación permanente en el exterior
- Continuar compartiendo conocimientos, impartiendo capacitación para generar capacidades nacionales
- Mantener la colaboración con la DNE para promover la traída de expertos internacionales
- Continuar capacitando capacitadores para replicar y multiplicar los conocimientos

Actualización

- Mantenerse al tanto de los avances tecnológicos a nivel mundial para evitar trabajar con tecnologías obsoletas.
- Trabajar activamente en la redacción de nuevas normas técnicas y revisión de las actuales para trabajar con mayor seguridad y eficiencia
- Promover nuevas leyes y decretos que ordenen el mercado del gas natural y la eficiencia energética por el beneficio de todos.

Gracias

Alejandro Berger

berger@berger.com.uy

BERGER
Ingeniero Manuel Berger & Cía.